

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
29. September 2005 (29.09.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/090904 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01B 11/14**,  
11/16, G01L 1/24, G01M 13/04

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2005/000515

(22) Internationales Anmeldedatum:  
18. März 2005 (18.03.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 013 683.1 18. März 2004 (18.03.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **FAG KUGELFISCHER AG** [DE/DE];  
Georg-Schäfer-Strasse 30, 97421 Schweinfurt (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GLÜCK, Stefan**  
[DE/DE]; Kautzenstrasse 50, 97464 Niederwerrn (DE).

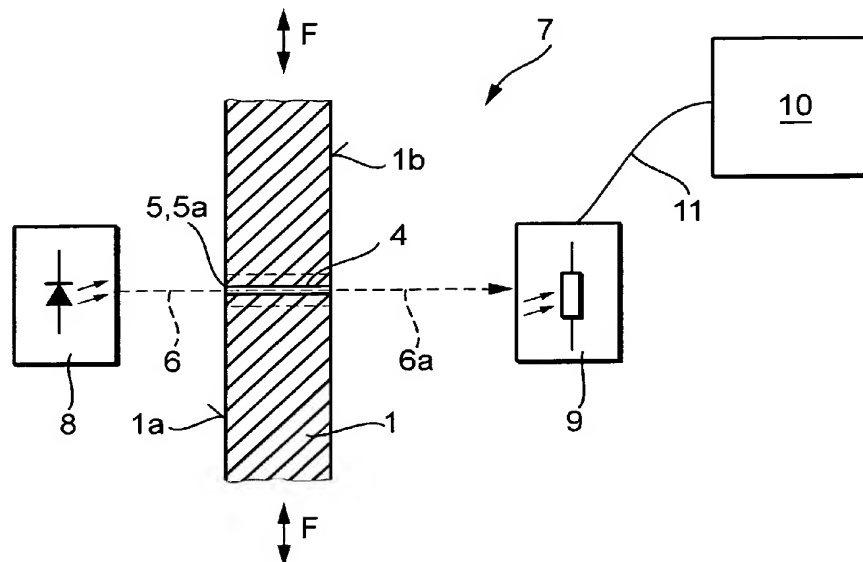
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ,  
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA,  
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,  
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR MEASURING CHANGES IN THE POSITION OF THE EDGE OF A BODY

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM MESSEN VON ÄNDERUNGEN DER LAGE EINER KÖRPERKANTE



(57) Abstract: The invention relates to a measuring device (7) for measuring changes in the position of the edge (5a) of a body of a component (1, 3). Said measuring device contains a sensor (9) which reacts to the changes, a light source (8), a measuring edge (5) fixed in relation to the edge (5a) of the body, and a light (6) emitted from the light source (8). From the change in position, information about the deformation caused by a force F (for example, in the case of bearings) can be obtained, a weight or an imbalance can be determined, and joints and press fits can be monitored. The measurement is carried out by reflection or transmission, preferably using optical waveguides.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/090904 A1



TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Anmeldung betrifft eine Messvorrichtung (7) zum Messen von Änderungen der Lage einer Körperkante (5a) eines Bauteils (1, 3), die Messvorrichtung enthält einen auf die Änderungen reagierendem Sensor (9), eine Lichtquelle (8), eine zu der Körperkante (5a) feste Messkante (5) und ein von der Lichtquelle (8) ausgehendes Licht (6). Aus der Änderung der Lage kann man Informationen über die Deformation aufgrund einer Kraft F gewinnen (z.B. bei Lagern), ein Gewicht oder eine Unwucht bestimmen sowie Dichtungen und Passsitze überwachen. Die Messung erfolgt in Reflexion oder Transmission, bevorzugt unter Verwendung von Lichtwellenleitern.

5

## Bezeichnung der Erfindung

10

VORRICHTUNG ZUM MESSEN VON ÄNDERUNGEN DER LAGE EINER KÖRPERKANTE

## Beschreibung

15

## Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Messvorrichtung zum Messen von Änderungen zu-  
mindest der Lage wenigstens einer Körperkante eines Bauteiles, die Messvor-  
richtung mit mindestens einem auf die Änderungen reagierendem Sensor.

## Hintergrund der Erfindung

25

Eine derartige Messvorrichtung ist in DE 27 46 937 C2 beschrieben. Mit Hilfe  
von Dehnmessstreifen als Sensoren werden Kräfte an Wälzlagern gemessen.  
Dabei reagieren die im Kontakt mit den Lagerringen stehenden Sensoren auf  
elastische Verformungen der Lagerringe. Die Sensoren sind z.B. an Körperflä-  
chen des Lagers fest, die sich im Bereich der Lastzonen befinden, so dass  
Veränderungen wie Auswölbungen von der Rundheit an den Flächen/Kanten  
detektiert werden können. Das Herstellen und Anbringen derartiger Dehnmess-  
streifen ist relativ aufwendig. Die Dehnmessstreifen sind außerdem gegen

Temperaturen und gegen mechanische Einflüsse empfindlich. Es wird eine relativ aufwändige und dadurch teure Auswerteelektronik zum Auswerten der durch die Sensoren gelieferten Signale benötigt.

5

### **Zusammenfassung der Erfindung**

10 Zu dem Zeitpunkt, an dem die Erfindung gemacht wurde, bestand die Aufgabe, eine einfache, zuverlässige, robuste und kostengünstige Messvorrichtung zu schaffen, mit der alle denkbaren Veränderungen der Lage und der Form von Körperflächen, und daraus abgeleitet somit auch Veränderungen der Lage und der Form von einzelnen Körperkanten, sicher erfasst werden können.

15

Diese Aufgabe ist nach dem kennzeichnenden Teil des Anspruches 1 durch eine optische Messvorrichtung mit folgenden Merkmalen gelöst:

- 20 - Die Messvorrichtung weist wenigstens eine Lichtquelle auf. Als Lichtquelle sind alle denkbaren technischen Lichtquellen, wie z.B. Leuchtdioden, Laserquellen, Infrarotlichtquellen, Lampen usw. vorgesehen.
- 25 - Die Messvorrichtung weist mindestens eine zu der Körperkante feste Messkante auf. Die Messkante kann wahlweise Bestandteil einer beispielsweise mechanisch oder durch Temperaturdehnungen belasteten Kante, oder Bestandteil eine aus vielen der Kanten zusammengesetzte Fläche am Bauteil direkt oder Bestandteil einer an dem Bauteil in Verformungsnähe angeordneten Blende sein.
- 30 - Eine Blende ist in diesem Sinne ein Spalt, ein Schlitz oder eine Bohrung bzw. ein anders gestalteter Durchgang, an dessen Rand ein Teil des Lichtes der Lichtquelle zurückgehalten wird und durch den der andere Teil des Lichtes ungehindert hindurch auf den Sensor oder auf einen Re-

5 flektor trifft. Die Blende ist somit eine Vorrichtung zum Begrenzen des Querschnitts von Strahlenbündeln. Der Schlitz kann in einem Bauteil aber alternativ auch zwischen zwei sich gegenüberliegenden Bauteilen ausgebildet sein. Die Blende wird durch Form- und oder Lageänderungen an dem/des Bauteiles verstellt.

- Die Messvorrichtung weist zumindest ein von der Lichtquelle ausgehendes Licht auf. Die Art des Lichtes, in der Regel ein Bündel von Strahlen, ist alternativ wählbar und abhängig von der gewählten Lichtquelle.

10

- Die Mess- oder Körperkante ist aus einer Ausgangslage heraus zumindest in der Lage veränderlich. Die Veränderungen der Lage sind in diesem Sinne auch Verformungen an der Körperkante, Verlagerung der Position der Körperkante durch Verschleiß und Alterung o.ä.. Ein durch Änderungen der Lage der Messkante größenveränderlicher Teil des Lichtes trifft ungehindert auf den Sensor. Eine oder mehrere der Messkanten begrenzen eine Lichtblende. Der andere Teil des Lichtes wird durch die oder an den Kante(n) und sich den Kanten anschließenden Material des Bauteiles zurückgehalten, alternativ reflektiert oder absorbiert. Die Kante(n)/Blenden bewegen sich analog zu den Verformungen oder Veränderungen am Bauteil. Durch die Blende wird die Helligkeit des Lichtes, welches durch die Blende hindurch auf den Sensor fällt, beeinflusst. Die Durchlassgröße oder die Form der Blende ändert sich in Abhängigkeit von den Verformungen und oder Verlagerungen an dem/des Bauteil(es). Alternativ dazu, ist die Messkante eine Körperkante des Bauteiles selbst.

20

25

- Der/die Sensoren sind in Abhängigkeit von der gewählten Lichtquelle alle geeigneten technischen Empfänger von Licht, wie lichtempfindliche Widerstände, Photodioden, Phototransistoren o.ä..

30

Die Messvorrichtung ist zum Messen von Änderungen der Lage des Bauteiles oder von Bereichen des Bauteiles vorgesehen, die durch z.B. Krafteinwirkun-

gen auf das Bauteil hervorgerufen sind, wobei wahlweise eine bzw. mehrere Messkante(n) oder eine Körperkante(n) des Bauteiles als veränderliche Blende eingesetzt sind. Das Bauteil ist dabei z.B. zumindest begrenzt beweglich zu einem zweiten Bauteil angeordnet. Auf das Bauteil aufgebraachte Kräfte führen zu der Verlagerung des Bauteiles gegenüber dem zweiten Bauteil. Derartige Verlagerungen sind mit der Vorrichtung messbar, wenn sich z.B. eine Messkante des verlagernden Bauteiles an einem Schlitz einem der Körperkante gegenüberliegenden Bauteil nähert oder sich von diesem entfernt. Die Änderung des Schlitzes wird dann durch den veränderten Lichtdurchlass des Schlitzes von dem Sensor erfasst.

Denkbar ist auch, die Belastung eines Bauteiles anhand elastischer Verformungen an einem in das Bauteil eingebrachten Durchlasses zu erfassen. Der Durchlass weist die Form einer Durchgangsbohrung oder eines Schlitzes auf. Die Körperkante(n) begrenz(en)t den kleinsten freien Querschnitt des Durchlasses umlaufend oder unterbrochen.

Die Messvorrichtung ist alternativ wahlweise zum Messen von Änderungen der Lage aus Formänderungen ohne Krafteinwirkung an zumindest einem Abschnitt des Bauteiles vorgesehen. Derartige Verformungen oder Verlagerungen resultieren aus Wärmeverzug oder aus Verschleiß, aus Schrumpfungen, aus Materialschwund durch Alterung z.B. an Kunststoffen. Die Messkante ist hier eine Körperkante des Bauteiles.

Die Messvorrichtung ist zum Beispiel in Waschmaschinen einzusetzen. Die Vorrichtung erfasst dabei Verformungen oder Verlagerungen aus dem Gewicht der in die Trommel einer Waschmaschine eingebrachten Wäsche. Anhand des mit Hilfe der Messvorrichtung erfassten Gewichtes der Wäsche ist dann zum Beispiel die für die Waschvorgänge benötigte Wassermenge regelbar. Weiterhin ist die Messvorrichtung in dieser Anwendung für das Erfassen von Verformungen oder Verlagerungen aus zu hohen Kräften infolge Unwuchten einsetzbar.

Es ist auch denkbar, dass das Licht in einer Ausgangslage der Messkante zu-  
mindest durch die Messkante und das sich anschließende Material an einem  
Auftreffen auf den Sensor ganz gehindert ist. Mit einer derartigen Anordnung  
können zum Beispiel eine Kontaktstelle zwischen zwei oder mehr in der Nor-  
5 mallage mit Berührung aneinander liegenden oder sich mit Berührung aneinan-  
der bewegenden Bauteilen überwacht werden. Beispiele sind zum Beispiel die  
Kontaktstellen von Dichtungen oder Passsitze zwischen beispielsweise durch  
Druck belasteten Bauteilen. Das Licht ist in der Ausgangslage der Bauteile auf  
den zu überwachenden Sitz gerichtet. Wenn an der Dichtstelle durch Ver-  
10 schleiß oder durch Alterung oder an dem Passsitz durch Überlastung ein Spalt  
entsteht, gelangt zumindest ein Teil des Lichtes durch den Spalt zu dem Sen-  
sor, der entsprechend mit Signalen an eine Auswerteeinheit reagiert.

Alternative Ausgestaltungen der Erfindung sehen die Anordnung der Bauteile  
15 der Messvorrichtung mit folgenden Merkmalen vor:

- Die Lichtquelle und der Sensor liegen einander gegenüber. Ein Teil des  
Lichtes trifft zwischen der Lichtquelle und dem Sensor auf die Messkante  
und geht nicht durch die Blende. Der andere Teil des Lichtes erreicht  
20 durch die Blende den Sensor. Dabei liegt zum Beispiel das Bauteil zwi-  
schen der Lichtquelle und dem Sensor.
- Der Lichtquelle liegt ein Reflektor gegenüber. Ein Teil des Lichtes trifft  
zwischen der Lichtquelle und dem Reflektor auf die Messkante und geht  
25 nicht durch die Blende. Der andere Teil des Lichtes erreicht durch die  
Blende den Reflektor. Dabei liegt zum Beispiel das Bauteil zwischen der  
Lichtquelle und dem Reflektor. Der Reflektor reflektiert das Licht mindes-  
tens teilweise zu dem Sensor. Dabei kann der Sensor wahlweise entwe-  
der auf der Seite des Bauteiles angeordnet sein an der sich die Licht-  
30 quelle befindet, oder an der Seite des Reflektors.
- Mit einem Sensor werden mehrere Kanten an einem gemeinsamen oder  
an unterschiedlichen Bauteilen überwacht. So ist zum Beispiel auch eine

- Messvorrichtung vorgesehen, die einen Sensor und mehrere jeweils auf unterschiedliche Blenden gerichtete Lichtquellen aufweist. Durch geeignete Wechselschaltungen wird dann jeweils eine der Lichtquellen eingeschaltet, während die anderen in diesem Moment ausgeschaltet sind.
- 5 Die auf den Sensor auftreffende Helligkeit der durch diese Lichtquelle angestrahlten Blende wird dann in diesem Moment überwacht. Im weiteren Verlauf wird dann diese Lichtquelle abgeschaltet und eine andere Lichtquelle an einer anderen Blende eingeschaltet. Jetzt wird die Intensität des Lichtes aus dieser anderen Blende überwacht usw. im Wechsel
- 10 mit beliebig festgelegter Reihenfolge.
- Die Lichtquelle und/oder der Sensor sind von der Blende oder dem Bauteil entfernt angeordnet, Das Licht wird von der Lichtquelle zu der Blende bzw. zu dem Vergleichssensor und/oder von der Blende zu dem Sensor
- 15 oder zu dem Reflektor mittels Lichtleitmedien geleitet. Unter Medien sind alle Licht leitenden Stoffe oder Strukturen wie Lichtleitkabel, starre Lichtleiter wie Glas- oder Kunststoffe oder flüssige bzw. gasförmige Licht leitende Medien zu verstehen.
- 20 Der fehlende Bezug auf die Helligkeit des Lichtes als Vergleichsgröße, Alterungen der Lichtquelle oder des Sensors, der Einfluss der Temperatur und daraus resultierender Änderung der Eigenschaften von Sensoren, Schwankungen in der Stromversorgung und somit Verfälschungen der Messwerte müssen vermieden werden. Deshalb ist mit weiteren Ausgestaltungen der Erfindung vorge-
- 25 sehen, dass die Messvorrichtung einen ersten Sensor und einen zweiten Vergleichssensor aufweist und/oder dass die Messvorrichtung zusätzlich zu mindestens einer Lichtquelle wenigstens eine Vergleichslichtquelle aufweist. Die Anordnung, Eichung und Funktion derartiger Messvorrichtungen sind im Kapitel „Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen“ näher beschrieben.
- 30 Die erfindungsgemäße Messvorrichtung ist einfach und kostengünstig herzustellen. Es sind standardisierte Bauteile aus der Massenproduktion verwendbar, die kostengünstig und robust sind. Die Auswertung der Signale von den Senso-



ren und die Technik für die Auswerteeinrichtung ist unkompliziert. Das Anbringen der Vorrichtung in den zu überwachenden Systemen ist einfach. Der benötigte Bauraum zum Unterbringen der Messvorrichtung ist gering. Die Bauteile sind einfach mit den benötigten Blenden zu versehen. Die Blenden selbst können für beliebige Lasten ausgelegt werden, ohne dass das die bestimmungs-  
5 gemäßige Funktion des Bauteiles beeinträchtigt ist und ohne dass deshalb anders empfindliche Sensorik benötigt wird.

10

### **Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen**

Figur 1a zeigt eine Teilansicht eines Bauteiles 1 mit einem Durchgang 4. Das Bauteil 1 kann ein Lagerbauteil 3 nach Figur 1b, der Teil eines Gehäuses oder auch ein Gummifederelement o.ä. sein. Das Bauteil 1 weist einen in eine Rich-  
15 tung durch das Bauteil 1 hindurchführenden Durchgang 4 in Schlitzform auf. In Figur 1b sind beispielhaft weitere der Durchgänge 37, 38, 39, 40 dargestellt. Der Durchgang 4, 38 ist quer zu seiner Durchgangsrichtung entweder umlaufend geschlossen ausgeführt, oder wie die Durchgänge 39, 40 in Figur 1b seit-  
20 lich offen. Die Durchgänge 4 bzw. 39 sind in der Darstellung nach Figur 1a von einer umlaufenden und in Figur 1b von einer unterbrochenen Messkante 5 begrenzt. Die Messkante 5 entspricht einer Körperkante 5a des Bauteiles 1 oder 3. Der Durchgang 4, 38, 39 geht zumindest zu einer Seite hin in ein Durchgangsloch 41 über, das den Durchgang 4, 38, 39 in Richtung der Doppelpfeile  
25 12 elastisch gestaltet. Alternative Durchgänge sind kreisrund oder beliebig gestaltet. Der Durchgang 37 geht tangential durch das Lagerbauteil 3.

Figur 1b zeigt ein Wälzlager 35, mit Wälzkörpern 36 und mit dem Lagerbauteil 3, das zum Beispiel ein Außenring oder ein Flansch sein kann. Es ist auch  
30 denkbar, dass einer oder mehrere der Durchgänge 4, 37, 38, 39 oder 40 gleicher oder unterschiedlicher Ausbildung entweder am Innenring 42 oder am Lagerbauteil 3 oder an beiden ausgebildet und mit der beschriebenen Lichtsensorik versehen sind.

Licht 6 ist beispielhaft in einer Projektion 2 eines Strahlenbündels beim Auftreffen auf die Seite 1a des Bauteiles 1 in einem unbelasteten Ausgangszustand des Bauteiles 1 dargestellt. Das Licht 6 kann als Bündel in der Projektion beliebige geometrische Formen wie Kreise oder wie die dargestellte Ellipsenform aufweisen. Ein Teil 6a des Lichtes 6 weist eine Höhe H auf, die der Höhe S des Durchganges entspricht. Der Teil 6a des Lichtes 6 geht durch den Durchgang 4 hindurch. Die Teile 6b des Lichtes 6 treffen ab der Körperkante 5a bzw. der Messkante 5 auf das Bauteil und weisen jeweils die Höhe R auf. Die Teile 6b werden an der Körperkante 5a und an dem Bauteil 1 entweder reflektiert oder absorbiert, aber nicht durch den Durchgang 4 gelassen.

Der Spalt S des Durchlasses 4 ist in seiner Größe S in Grenzen stufenlos veränderlich, wenn das Bauteil 1 z.B. gleichgerichtet zum Doppelpfeil 12 mit den Kräften F auf Zug oder in entgegengesetzte Richtung auf Druck belastet wird. Die Grenzen sind in der Regel in beide Belastungsrichtungen Zug und Druck durch den Weg festgelegt, um den das Bauteil 1 an dem Durchgang 4 im Spalt S elastisch ohne bleibende plastische Verformungen ein oder in die Richtungen des Doppelpfeiles 12 auffedern kann. Wenn das Maß S sich infolge beispielsweise Druckbelastungen F um einen Anteil verkleinert, verkleinert sich gleichzeitig die Höhe H des durchgelassenen Teiles 6a sowie vergrößert sich gleichzeitig (zumindest auf einer Seite der Körperkante 5a) die Höhe R der Teile 6b um den Anteil. Es wird somit ein geringerer Teil 6a durch den Durchgang 4 gelassen. Wird das Bauteil 1 in entgegengesetzter Richtung auf Zug belastet, vergrößert sich der Spalt S und damit der Teil 6a, der durch den Durchgang 4 gelangt. Die Resultate sind in beiden Fällen veränderte Helligkeiten des auf der Seite 1b aus dem Durchgang 4 austretenden Lichtes im Vergleich zum Ausgangszustand bei unverändertem Spalt S.

Wichtig ist, dass das auf den Durchgang 4 und die Körperkante 5a auftreffende Licht 6, auch bei größtmöglicher Änderung des Spaltes S und somit bei größtmöglicher Änderung der Lage der Körperkante 5a in wenigstens eine Richtung der Doppelpfeile 12, immer einen Teil 6b aufweist.

Figur 2 zeigt eine Messvorrichtung 7 an dem Bauteil 1. Die Messvorrichtung 7 weist eine Lichtquelle 8 auf, die das Licht 6 abgibt. Die Lichtquelle ist in diesem Fall beispielhaft mit einem Symbol für eine Leuchtdiode dargestellt. Weiterhin sind in der Messvorrichtung 7 zumindest noch ein Sensor 9 und eine Auswerteeinheit 10 angeordnet, die Mittels einer Verbindung 11 miteinander verbunden sind. Nach dem Anbringen der Messvorrichtung 7 an dem Bauteil oder in der Nähe dieses, werden die zum Umgebungslicht offen liegenden Teile der Lichtquelle 8, des Sensors 9 und des Durchgangs 4 lichtdicht verkapselt (nicht dargestellt).

Das Licht 6 wird zu einem Teil durch den Durchgang 4 durchgelassen und trifft auf den Sensor 9. Die Lichtmenge des Teils 6a wird im Sensor in ein elektrische Signale umgewandelt. Die elektrischen Signale werden über die Verbindung 11 zur Auswerteeinheit 10 geleitet. Bei unverändertem Durchgang 4, also in der Ausgangslage der Körperkante 5a, wird eine in diesem Moment auf der Seite 1b aus dem Durchgang heraustretende und auf den Sensor 9 auftreffende Lichtmenge 6a in ein Signal umgewandelt. Das Signal wird zur Auswerteeinheit geleitet und dort ausgewertet und als Ausgangszustand erfasst. Bei Verformungen des Durchgangs 4 infolge der Lageänderungen der Körperkante 5a ändert sich die auf den Sensor 9 auftreffende Lichtmenge. Von dem Ausgangszustand in der Größe abweichende Signale werden zu der Auswerteeinheit geleitet und in dieser mit dem Ausgangszustand verglichen.

Die Messvorrichtung 7 und nachfolgend beschriebene Messvorrichtungen 13, 14, 15 und 32 sind zum Beispiel geeignet, um in einfacher Weise Unwuchten in einer nicht dargestellten Lagerung zu bestimmen bzw. auszuwerten. Die wechselnden Kräfte infolge der Unwuchten führen zu Verformungen unterschiedlicher Größe an dem Durchlass 4. Der Spalt S ändert sich periodisch, was zu einem sich entsprechend periodisch ändernden Wechselsignal am Sensor 9 führt. Die an der Auswerteeinheit 10 dadurch erkennbare Amplitude des Wechselsignals ist z.B. dort als ein direktes Maß für die Größe der Unwucht erkennbar. Zusätzlich kann aus der Frequenz des Signals die Periodizität der Unwucht

bestimmt werden. Durch den Vergleich der Periodizität mit der Wellendrehzahl kann die Störsicherheit gegen äußere Vibrationen beeinflusst werden. Bei entsprechend schneller und empfindlicher Elektronik ist mit den Vorrichtungen 7, 13, 14, 15 und 32 auch das Messen von Schwingungen aus sich ankündigenden Lagerschäden möglich.

Die nachfolgend beschriebenen Messvorrichtungen 13, 14 und 15 und 32 sind im Grundaufbau und in der Funktion mit der Messvorrichtung 7 vergleichbar. Sie funktionieren auch nach dem zuvor beschriebenen Prinzip. Deshalb wurden für die Einzelteile des Grundaufbaus in der folgenden Beschreibung auch die gleichen Bezugszeichen gewählt.

Die Messvorrichtung 13 nach Figur 3 weist zusätzlich zum Grundaufbau der Vorrichtung 7 einen Sensor 17 mit der Funktion eines Vergleichssensors auf. Die Sensoren 17 und 9 sind symbolisch als lichtempfindlicher Widerstand dargestellt. Der Sensor 17 ist so in der Nähe der Lichtquelle 8 angeordnet, dass während des Betriebes der Messvorrichtung 13, ständig und ohne die Einflüsse der Verformung an dem Durchgang 4, das volle Licht 6 oder zumindest ein unveränderlicher Anteil aus beiden Teilen 6a und 6b auf diesen fällt. In der Auswerteeinheit (10) werden die zum Ausgangszustand unveränderten Werte des Vergleichssensors 17 mit den veränderlichen Werten des Sensor (9) verglichen und ausgewertet. Die Messvorrichtung 13 weist wahlweise eine Regeleinrichtung 43 auf, die mit der Lichtquelle (8) und dem Sensor (17) verbunden ist. Weichen die durch die Lichtquelle (8) initiierten Signale des Vergleichssensors (17) im Laufe des Betriebes der Messvorrichtung 13 von den Sollwerten des Lichtes (6) des Ausgangszustandes (Eichwert) ab, regelt/korrigiert die Regeleinrichtung 43 während des Betriebes die Helligkeit des Lichtes der Lichtquelle wieder auf den Ausgangszustand, so dass die Größe des die Lichtquelle (8) verlassenden Lichtes (6) konstant bleibt.

30

Figur 4 zeigt beispielhaft, eine mögliche Verschaltung der Sensoren 9 und 17. Es sind Sensoren 9, 17, die ihren elektrischen Widerstand in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke ändern. Die Sensoren 9 und 17 sind mit zwei Ergänzungs-

widerständen 18 und 19 zu einer Wheatstone-Brücke 20 verschaltet. Der veränderliche Widerstand 19 dient zum Abgleich der Brücke 20. Die Brücke 20 ist mit einer Konstantspannung 21 (V+ und V-) versorgt. Als Ausgangssignal der Anordnung wird die Spannung 22 (U+ und U-) abgegriffen. Im Ausgangszu-

5 stand der Belastung des Bauteils 1 kann das Bauteil 1 schon mit einer Grundlast belastet sein oder ist unbelastet. Es wird durch Einstellen des Widerstands 19 die Brücke 20 so abgeglichen, dass die (Ausgangs)Spannung 22 in der Ausgangslage der Körperkante 5a gleich Null ist. Ändert sich nun durch Belas-

10 tung die Lage der Körperkante 5a und somit die durch den Durchgang 4 dringende Lichtmenge, reagiert die Brücke 20 sehr empfindlich mit einer von Null abweichenden Spannung 22. Dadurch, dass die Sensoren 9 und 13 aufeinander abgeglichen sind, ist die Anordnung unempfindlich z.B. hinsichtlich Temperaturschwankungen und Alterung.

15 Figur 5 zeigt eine Messvorrichtung 14. Die Messvorrichtung 14 weist zusätzlich zum Grundaufbau der Vorrichtung 7 eine Vergleichslichtquelle 23 auf. Die Vergleichslichtquelle 23 ist direkt am oder in der Nähe des Sensors 9 angebracht und beleuchtet diesen mit dem Licht 6, unbeeinflusst von Verformungen am Durchgang 4, gleich stark. Wie aus Figur 6 ersichtlich ist, werden die beiden

20 Lichtquellen 8 und 23 durch eine Umschalteinheit 24 innerhalb einer vorbestimmten Frequenz wechselseitig durch Schalten von der Position A zu B eingeschaltet. Dabei ist beispielsweise der Kontakt A der Lichtquelle 8 und der Kontakt B der Vergleichslichtquelle 23 zugeordnet. Es leuchtet also immer nur eine der Lichtquellen 8 oder 23 zur selben Zeit.

25

Die Vergleichslichtquelle 23, wahlweise auch die Lichtquelle 8, ist z.B. über ein Stellglied 25 und/oder 26, in diesem Fall über einen veränderlichen Widerstand, in ihrer Helligkeit einstellbar. Durch geeignete Wahl der Umschaltfrequenz zwischen A und B und anschließender frequenzselektiver Auswertung des Aus-

30 gangssignals des Sensors 9 können z.B. Störfrequenzen von 50Hz aus dem Lichtnetz wirkungsvoll unterdrückt werden. Beim Abgleich der Lichtquellen 8 und 23 wird mittels des Stellgliedes 25 die Intensität des Lichtes 44 der Lichtquelle 23 auf die Größe des Teiles 6a des Lichtes 6 von der Lichtquelle 8 im

Ausgangszustand des Bauteiles 1 geregelt. Somit sind die Lichtmengen 6a und 44, die der Sensor 9 von beiden Lichtquellen 8 und 23 registriert, in der Ausgangslage der Körperkante 5a genau gleich groß. In Figur 7 ist grafisch dargestellt, dass sich somit die Umschaltunkte 29 (von A auf B und umgekehrt) auf  
5 das das Signal 27 des Sensors 9 in diesem Zustand nicht bemerkbar machen. Dabei stehen die Y-Achse für den Wert des Signals (z.B. Spannung) und die X-Achse für die Zeit.

Wird das Bauteil 1 abweichend von Ausgangszustand be- oder entlastet, ändert sich die Lage der Körperkante 5a und die Lichtmenge 6a der Lichtquelle 8.  
10 Die vom Sensor 9 registrierten Lichtmengen weichen nun voneinander ab, da das Licht 44 im Vergleich zum Ausgangszustand unverändert ist. Dadurch entsteht das in Figur 8 gezeigte Signal 28 an dem Sensor 9. Der Größenunterschied macht sich in dem vertikalen Abstand zwischen den beiden gedachten  
15 Werten Größtwert 30 und Kleinstwert 31 bemerkbar. Es entsteht eine Wech-selsignal mit der Umschaltfrequenz (von A nach B und umgekehrt), deren Amp-litude (Abstand zwischen den Werten 30 und 31) in der Auswerteeinrichtung als Maß für die Belastung des Bauteiles ausgewertet wird. Abweichend zu der hier dargestellten Rechteckspannung aus schlagartigem Umschalten von A nach B  
20 sind andere Verläufe des Signals z.B in Wellenform – Sinusförmig, Zacken usw.) möglich. Die zuvor beschriebene Anordnung ist sehr störsicher gegen-über Störfrequenzen, da das Wech-selsignal frequenzselektiv mit der bekannten Umschaltfrequenz ausgewertet werden kann.

25 Figur 9 zeigt eine Messvorrichtung 15, bei der an der einen Seite 1a des Bau-teils 1 die Lichtquelle 8 und an der gleichen Seite der Sensor 9 angeordnet sind. Das Licht 6a trifft seitens der Seite 1b auf einen Reflektor 33 und wird von diesem durch den Durchgang 4 auf den Sensor 9 reflektiert.

30 Figur 10 zeigt eine Messvorrichtung 32, in der die Lichtquelle 8 und der Sensor 9 von dem Bauteil 1 und dem Durchgang 4 weiter weg angeordnet sind. Das Licht 6 und seine Teile 6a und 6b werden mittels Lichtleitmedien in Lichtleitern 34 zu dem Durchgang 4 geleitet.

**Bezugszeichen**

1	Bauteil	22	Spannung
1a	Seite	23	Vergleichslichtquelle
1b	Seite	24	Umschalteinheit
2	Projektion	25	Stellglied
3	Lagerbauteil	26	Stellglied
4	Durchgang	27	Signal
5	Messkante	28	Signal
5a	Körperkante	29	Umschalteinheit
6	Licht	30	Größtwert
6a	Teil	31	Kleinstwert
6b	Teil	32	Messvorrichtung
7	Messvorrichtung	33	Reflektor
8	Lichtquelle	34	Lichtleiter
9	Sensor	35	Wälzlager
10	Auswerteeinheit	36	Wälzkörper
11	Verbindung	37	Tangentialdurchgang
12	Doppelpfeil	38	Durchgang
13	Messvorrichtung	39	Durchgang
14	Messvorrichtung	40	Durchgang
15	Messvorrichtung	41	Durchgangsloch
16	Sensor	42	Innenring
17	Sensor	43	Regeleinrichtung
18	Ergänzungswiderstand	44	Licht
19	Ergänzungswiderstand		
20	Wheatstone-Brücke		
21	Konstantspannung		

5

### Patentansprüche

10

15

20

25

30

1. Messvorrichtung (7, 13, 14, 15, 32) zum Messen von Änderungen zu-  
mindest einer Lage wenigstens einer Körperkante (5a) eines Bauteils (1,  
3), die Messvorrichtung mit mindestens einem auf die Änderungen rea-  
gierendem Sensor (9), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messvorrich-  
tung (7, 13, 14, 15, 32) wenigstens eine Lichtquelle (8), mindestens eine  
zu der Körperkante (5a) feste Messkante (5) und zumindest ein von der  
Lichtquelle (8) ausgehendes Licht (6) aufweist, wobei die Messkante (5)  
wenigstens aus einer Ausgangslage gegenüber dem Licht (6) in der La-  
ge veränderlich ist, und wobei ein durch Änderungen der Lage gegen-  
über der Ausgangslage der Messkante (5) größenveränderter Teil (6a)  
des Lichtes (6) ungehindert auf den Sensor (9) trifft.
2. Messvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die  
Messkante (5) die Körperkante (5a) ist.
3. Messvorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die  
Körperkante (5a) einen durch das Bauteil (1, 3) hindurchgehenden ver-  
änderlichen Durchgang (4, 37, 38, 39, 40) begrenzt, durch den der Teil  
des Lichtes (6) hindurch auf den Sensor (9) trifft.
4. Messvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in  
zur Ausgangslage veränderter Lage der Messkante (5) gegenüber dem



Licht (6) zeitgleich:

5

- ein erster Teil des Lichtes (6a) ungehindert auf den Sensor (9) trifft,
- mindestens ein zweiter Teil (6b) des Lichtes (6) zumindest auf die Messkante (5) trifft,

10

und wobei der erste Teil (6a) und der zweite Teil (6b) des Lichtes (6) durch Änderungen der Lage der Messkante (5) von der Ausgangslage zueinander größenveränderlich sind.

15

5. Messvorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass in zur Ausgangslage veränderter Lage der Messkante (5) gegenüber dem Licht (6) zeitgleich:

- mindestens zwei der zweiten Teile (6b) des Lichtes (6) jeweils an einer anderen Stelle auf die Messkante (5) treffen,

20

wobei der erste Teil (6a) und wenigstens einer der zweiten Teile (6b) des Lichtes (6) durch Abweichungen der Lage der Messkante (5) von der Ausgangslage zueinander größenveränderlich sind.

25

6. Messvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lichtquelle (8) und der Sensor (9) einander gegenüberliegen und dabei ein Teil (6b) des Lichtes (6) zwischen der Lichtquelle (8) und dem Sensor (9) auf die Messkante trifft.

30

7. Messvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Lichtquelle (8) ein Reflektor (33) gegenüberliegt, wobei der Reflektor (33) das Licht (6) zumindest zeitweise sowie mindestens teilweise zu dem Sensor (9) reflektiert und dabei das Licht (6) zwischen der Lichtquelle (8) und dem Reflektor (33) zumindest teilweise auf die Messkante (5) trifft.

8. Messvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messvorrichtung (13) einen ersten Sensor (9) und mindestens einen zweiten Sensor (17) aufweist, wobei in zur Ausgangslage der Messkante (5) veränderter Lage gegenüber dem Licht (6) zeitgleich:
- 5
- ein erster Teil (6a) des Lichtes ungehindert auf den ersten Sensor (9) trifft und dabei,
- 10
- mindestens ein zweiter Teil (6) des Lichtes (6) zumindest auf die Messkante (5) trifft, wobei
- 15
- der erste Teil (6a) und der zweite Teil (6b) des Lichtes (6) durch Abweichungen der Lage der Messkante (5) von der Ausgangslage zueinander größenverändert sind und wobei
- 20
- der erste Teil (6a) und der zweite Teil (6b) des Lichtes (6), größen-  
gleich zum Ausgangszustand, und damit von den Änderungen der Lage unbeeinflusst, zumindest teilweise auf den zweiten Sensor (17) auftreffen.
- 25
9. Messvorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messvorrichtung (13) eine Regeleinrichtung (43) aufweist, wobei die Regeleinrichtung (43) mit dem zweiten Sensor (17) und der Lichtquelle (8) verbunden ist.
- 30
10. Messvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messvorrichtung (14) mindestens eine Vergleichslichtquelle (23) mit einem Vergleichslicht (44) aufweist, wobei das Vergleichslicht (44) wenigstens zu dem Licht (6a) in einer Ausgangslage der Messkante (5) größen-  
gleich ist, und dabei in zur Ausgangslage veränderlicher Lage der Messkante (5) zeitgleich:

- ein erster Teil (6a) des Lichtes (6) von der Lichtquelle (8) ungehindert auf den Sensor (9) trifft,
  - mindestens ein zweiter Teil (6b) des Lichtes (6) der Lichtquelle (8) zumindest auf die Messkante (5) trifft, und dabei
  - der erste Teil (6a) und der zweite Teil (6b) durch Abweichungen der Lage der Messkante (5) von der Ausgangslage zueinander größenverändert sind sowie
  - das im Vergleich zu der Ausgangslage unveränderte Vergleichslicht (44) der Vergleichslichtquelle (23) in abwechselnder Reihenfolge mit dem zur Ausgangslage veränderten ersten Teil (6a) der Lichtquelle (8) auf den Sensor (9) auftrifft.
11. Messvorrichtung nach Anspruch 1, 8, 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messvorrichtung (32) wenigstens ein Lichtleitmedium aufweist, mit dem wenigstens Teile (6a, 6b) des Lichtes (6) in der Messvorrichtung (32) geleitet werden.
12. Messvorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lichtleitmedium in wenigstens einem Lichtleitkabel (34) ist.
13. Messvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bauteil (1, 3) zumindest einem Rotations- und oder Linearlager (35) zugeordnet ist